

1. 心理学的な水準では、感覚は、単純な刺激と結びついた経験である。生物学的な水準では、感覚過程は、感覚器官と神経伝道路とを含み、刺激情報を獲得する初期段階にかかわる。感覚は、視覚、聴覚、嗅覚、味覚、皮膚感覚、身体感覚からなる。
2. すべての感覚を記述するために用いることのできる一つの属性が感覚である。刺激強度に対する感度は、確実に検出できる最小量の刺激エネルギーである。絶対閾によって測定される。強度の変化に対する感度は、確実に検出できる2刺激間の最小である弁別閾、すなわち、丁度可知差異によって認定される。検出に必要な変化の量は、刺激の強度とともに増加し、おおよそ刺激強度に比例する（ウェーバー＝フェヒナーの法則）。
3. どの感覚様相も、物理エネルギーを神経インパルスに再符号化、ないしは変換しなければならない。この変換過程は受容器によって遂行される。受容器と神経伝道路は、刺激の強度を、主として神経インパルスの速度とその様式によって符号化し、刺激の質を、関与する特殊神経線維とその活動様式に基づいて符号化する。
4. 視覚に対する刺激は、400ナノメートルから700ナノメートルの範囲の電磁放射である光である。目は、（角膜、瞳孔、水晶体を含む）像を形成するための機構と、像を電気インパルスに変換する機構を含む。変換機構は網膜内にあり、視覚受容器、すなわち、杆体と錐体を含む。
5. 錐体は、強度の高い光で作動して色の感覚を生じ、主として網膜の中心部（すなわち中心窩）に見出される。杆体は、強度の低い光で作動して無職の感覚を生じ、主として網膜の周辺部に見出される。光の強度に対する私たちの感度は、歓待と錐体のいくつかの特徴に左右される。特に重要なのは、歓待が錐体よりも多くの数の神経節細胞と結合している事実である。結合性のこの違いのために、視感度は歓待に基づくときのほうが錐体に基づくときよりも大きい、視力は錐体に基づくときのほうが歓待に基づくときよりも良い。
6. 光の、異なる波長は異なる色の感覚を生じる。広く離れた波長の、三つの光の適切な混合は、ほとんどどんな光の色とでも合うように作ることができる。この事実やその他の事実が三色説を生み出した。三色説は、色の知覚が三つの型の受容器（錐体）の活動に基づいていて、受容器のおのおのは、スペクトルの、異なる領域の波長に対して最も敏感であると主張する。
7. 赤、黄、緑、青の四つの基本的な色覚が存在する。これらの混合が色に関する私たちの経験を構成するが、私たちには赤みがかかった緑と黄色みがかかった青は見えない。このことは反対色説によって説明できる。反対色説は、赤＝緑と黄＝青の拮抗家庭が存在し、拮抗過程のおのおのが二つの反対色に対して反対の仕方で応答すると提案する。三色説と反対色説は、視覚系の、異なる神経部位で作動するという提案によって、うまく統合された。

感覚 sensation 知覚 perception 絶対閾 absolute threshold 弁別閾 difference threshold 丁度可知差異 just noticeable difference ; jnd 反応時間 reaction time 変換 transduction 視力 visual acuity 空間視力 spatial acuity 対比視力 contrast acuity 色相 hue 明るさ brightness 鮮やかさ saturation 周波数 frequency 振幅 amplitude 音色 timbre 音の高さ pitch フェロモン pheromones

Summary (聴覚、嗅覚、味覚など)

8. 聴覚に対する刺激は、圧力変化の波（音波）である。耳は、外耳（外耳と耳道）、中耳（鼓膜と骨の連鎖）、内耳から成る。内耳は、蝸牛、すなわち、基底膜を含むらせん状の管を含み、音のための受容器として働く有毛細胞を支える。外耳と中耳によって伝達され音波は基底膜を振動させ、結果として有毛細胞の曲がりを生じ、その曲がり神経インパルスを生み出す。

9. 音の最も際立った性質である音の高さは、音波の周波数と共に上昇する。同時に生じた二つの異なる音の高さが聞こえるという事実は、異なる周波数に反応する受容器がたくさん存在する可能性を示唆する。音の高さ知覚についての字関節は、聞こえる音の高さが聴覚系における神経応答の時間的様相に依存し、その様相自体は音波の時間的様相によって決まると仮定する。場所説は、おのおのの周波数が、規定膜に沿った一定の場所をほかの場所よりももっと刺激し、最大運動の起こる場所が聞こえる音の高さを決定すると仮定する。時間説が低い周波数の知覚を説明し、場所説が高い周波数の知覚を説明するので、どちらの説にも可能性がある。

10. 嗅覚（におい）は、人間よりも人間以外の朱にと手、重要である。多くの種が、特殊化したにおい（フェロモン）をコミュニケーションのために用いるし、人間はこの体系の痕跡を持っているように思われる。においの刺激は、物質が発する分子である。その分子は、空気中を進行し、鼻腔内の高いところに位置する嗅受容器を刺激する。たくさんの（およそ 1000）種類の受容器が存在する。健常者は 1 万から 4 万の異なるにおいを弁別でき、女性は一般に男性よりも優秀である。

11. 味覚（味）は、味わっている物質によってばかりでなく、遺伝的体質や経験によっても影響される。味の刺激は、唾液中で可溶性のある物質である。受容器の多くは、舌の上に群れを成して見出される（味う）。感度は舌の場所によって変化する。どんな味も、甘い、すっぱい、しょっぱい、苦いの四つの基本的な味の質の一つ、または、組み合わせとして記述できる。異なる味の質は、一部は、活性化された特殊神経線維によって符号化される。というのも、異なる繊維が四つの味覚の一つに一番良く反応するからなのであるが、また一部は、活性化された繊維の様相によって符号化される。

12. 皮膚感覚のうちの一つは、厚保と温度である。圧に対する感度は、唇、鼻、頬で最大であり、足の親指で最小である。私たちは温度に対して非常に敏感であり、摂氏 1 度以下の変化を検出できる。私たちは、異なる種類の温度を、主として、活性化されるのが温受容器であるか冷受容器であるかによって、符号化する。

13. 組織の損傷を引き起こすのに十分強いどんな刺激も、痛みの刺激である。2 種類の異なった痛みが存在し、異なった神経伝導路によって媒介される。一過性の痛みは、通常は、持続時間が短く、強度が急速に上昇し下降する。持続性の痛みは、通常は長く持続し、安定的である。痛みに対する感度は、有害な刺激以外に、期待や文化的信念を含む要因によって大きく影響を受ける。これらの要因は、脊椎と中脳にある神経閥を開いたり閉じたりすることによって影響を及ぼすように見える。痛みは、痛覚の受容器が活性化され、神経閥が開いているときにのみ、感じられる。

ここやみ 感覚過程

感覚：（点滅する赤い光のような）『単純な刺激と結びついて経験』

知覚：書感覚の毛絵都合と意味のある解釈

感覚様相の特徴

感度

感覚様相が物体や事象の存在や変化の検出に極めて敏感

最小刺激 様々な感覚の最小刺激の近似値

感覚	最小刺激
視覚	晴れたくらい夜に 30 マイル（約 48km）はなれたところから見たろうそくの炎
聴覚	静かな状況で 20ft（約 6m）離れたところの時計のカチカチという音
味覚	2 ガロン（約 7.9ℓ）の水の中の茶さじ 1 杯分の砂糖
嗅覚	6 部屋に相当する容積全体へ拡散した 1 滴の香水
蝕覚	1 cm の高さから頬に落ちてきた蠅の羽

絶対閾：『無視劇から確実に区別できる刺激の最小量』

強度の変化を検出する

標準的と比較刺激による弁別実験

弁別閾（丁度可知差異）：『二つの刺激を区別するのに必要な刺激の大きさの最小の差異』

丁度可知差異と標準との間には一定の比例関係がある↓

『ウェーバー＝フェヒナーの法則』：ほとんどすべての感覚系が、刺激強度の幾何学級数的な変化を、感覚の算術的な変化に変換することを示した。

Ex. 音の物理的振幅を 10 倍増加させても、知覚された音の大きさの増加はわずか約 2 倍にしかならない

様々な感覚の質についての丁度可知差異

質	丁度可知差異
光の強度	8 %

音の強さ	5 %
音の周波数	1 %
においの濃度	1 5 %
塩の濃度	2 0 %
挙重実験	2 %
電気ショック	1 %

反応時間

『単純反応時間』：刺激を検出するや否や直ちにボタンを押すとか、あるいは眼球運動や静穏のような単純な反応を伴う。一般に、単純な検出の研究において測定される。刺激が弱ければ弱いほど反応時間が遅くなる。

『選択反応時間』：提示された刺激に応じて、いくつかの異なる反応のひとつを行うこと（例えば、赤い光に反応して右側のボタンを押し、緑の光に反応して左側のボタンを押しこと）をとまなう。一般に弁別の研究において用いられる。刺激間の差異が小さければ小さいほど、選択反応時間は長くなる。

感覚符号化

脳には、外界を感覚する際に困難な問題がある。おのおの間隔は一定の種類刺激に反応する。視覚は光エネルギー、聴覚と触覚は力学エネルギー、嗅覚と味覚は化学エネルギーである。しかし脳はこのいずれも理解しない。脳には神経の放電に結びついた伝金信号の言語のみがわかる。感覚様相のおのおのは何らかの仕方に変換と呼ばれる過程を初めに実行しなければならない。

『物理エネルギーを、脳に達することのできる電気信号に翻訳』

強度と質の符号化

典型的な単一細胞記録実験

視核実験であるが、手続きはほかの感覚を研究する場合も同様である。実験の前に、動物は外科処置を受け、細い電線が視覚皮質の選ばれた領域に挿入される。細い電線は、先端を除き絶縁された微小電極であり、接触しているニューロンの電気活動を記録するために使うことができる。痛みは生じないし、サルはごく普通に動き回ったり生活したりできる。実験の間は、サルは執権装置の中に置かれ、電極は記録装置と増幅装置に接続されている。次に、サルはいろいろな視覚刺激を見せられる。研究者は、書く刺激についてどのミュー論がその刺激に反応するのかを、どの微小電極が接続した信号を生ずるか観察することによって決定できる。電気信号はきわめて小さいので、増幅してオシロスコープ上に表示しなければならない。オシロスコープは、電気信号を、変化する電圧のグラフに変換する。ほとんどのニューロンは、オシロスコープ上に垂直のスパイクとして現れる一連の神経インパルスを発する。刺激が無いときでさえ、たくさんの細胞がゆっくりとした速度で反応している（『自発活動』）。ニューロンが認識できる刺激が提示されたならば、速いスパイクの列が見られる。

刺激の強度を符号化する主要な方法は、単位時間当たりの神経インパルスの数、すなわち、神経インパルスの速度による。

触覚だと・・・もし誰かが腕に軽く触れると、一連の電気インパルスが神経線維に発生する。圧力が増すと、インパルスは大きさは同じままであるが、単位時間当たりの数が増加する。同じことが、ほかの感覚様相にも当てはまる。一般に、刺激の強度が大きくなればなるほど、神経発火の速度が高まり、知覚された刺激の大きさも大きくなる。刺激の強度は、ほかの手段によっても符号化できる。一つの手段は、電気インパルスの時間的様相による符号化である。低い強度では、神経インパルス間が時間的に離れているし、インパルス間の時間の長さの変化しやすい。けれども、高い強度では、インパルス間の時間がまったく一定である。

もう一つの方法は、活性化されたニューロンの数による符号化である。すなわち刺激が強ければ強いほど、より多くのニューロンが活性化される。

刺激の質の符号化はもっと複雑な問題である。

ミュラーは、異なる感覚様相は異なる感覚繊維を伴う（ある神経は視覚経験を生み出し、ほかの神経は聴覚経験を生み出すなど）ので、光や音のような異なる感覚様相からの情報を脳が区別できると示唆した。『特殊神経エネルギー』というミュラーの着想は、異なる受容器から始まる神経伝道路路が、皮質の異なる領野で終点となることを実証するその後の研究から支持を得た。今では一般に、関与する特定の神経伝道路路に応じて脳が感覚用相関の質の違いを符号化すると認められている。